

Thực hiện lượng tử hóa và tính sai số lượng tử bằng Matlab.

## 1. Lý thuyết:

Có tín hiệu rời rạc  $x(n)$  có N phần tử:

- Năng lượng tín hiệu:  $E_x = \sum x(n)^2$
- Công suất tín hiệu:  $P_x = \frac{E_x}{N} = \frac{\sum x(n)^2}{N}$

Lượng tử hóa đều: Q mức,  $\Delta$  là độ rộng lượng tử,  $x_Q$  là tín hiệu đã được lượng tử:

- Tập âm lượng tử:  $e_q = x_Q - x, e_q \in \left[-\frac{\Delta}{2}; \frac{\Delta}{2}\right]$
- Công suất tập âm lượng tử:  $P_{eq} = \frac{\Delta^2}{12}$

## 2. Thực hiện bằng Matlab:

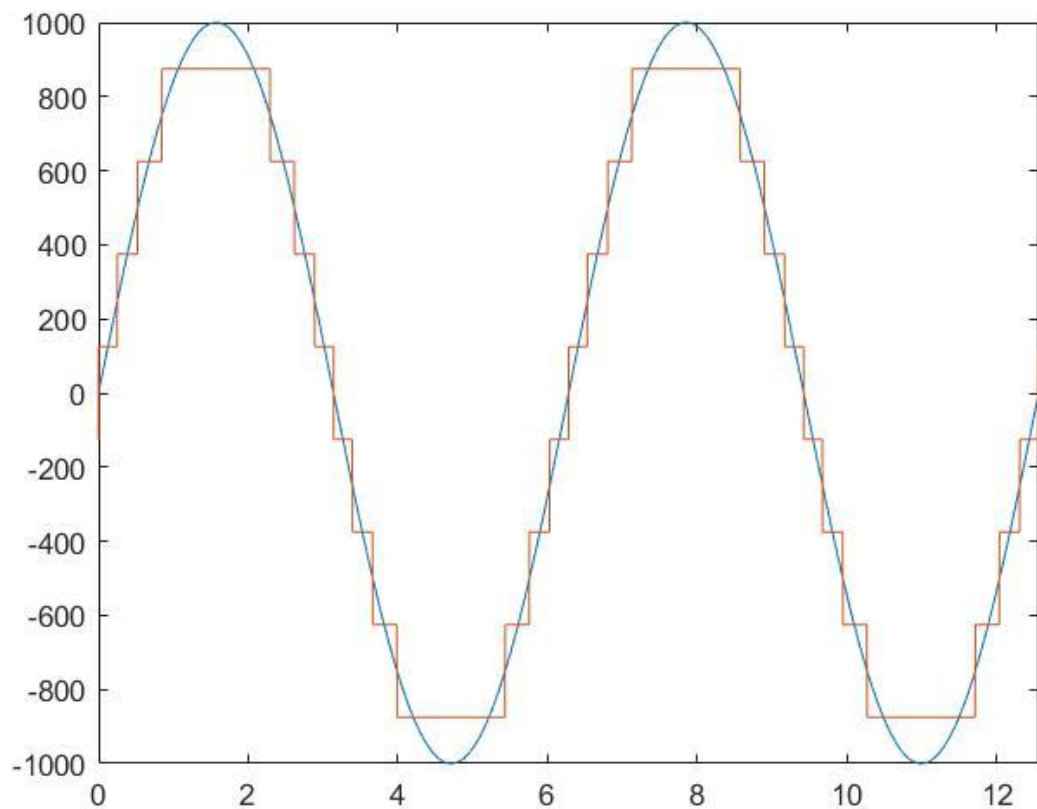
### 2.1. Test case 1:

$$Signal = 1000\sin(t)$$

#### 2.1.1. Test case 1a:

- Số mẫu: 5000000
- Thời gian lấy mẫu: 500
- Số mức lượng tử: 8

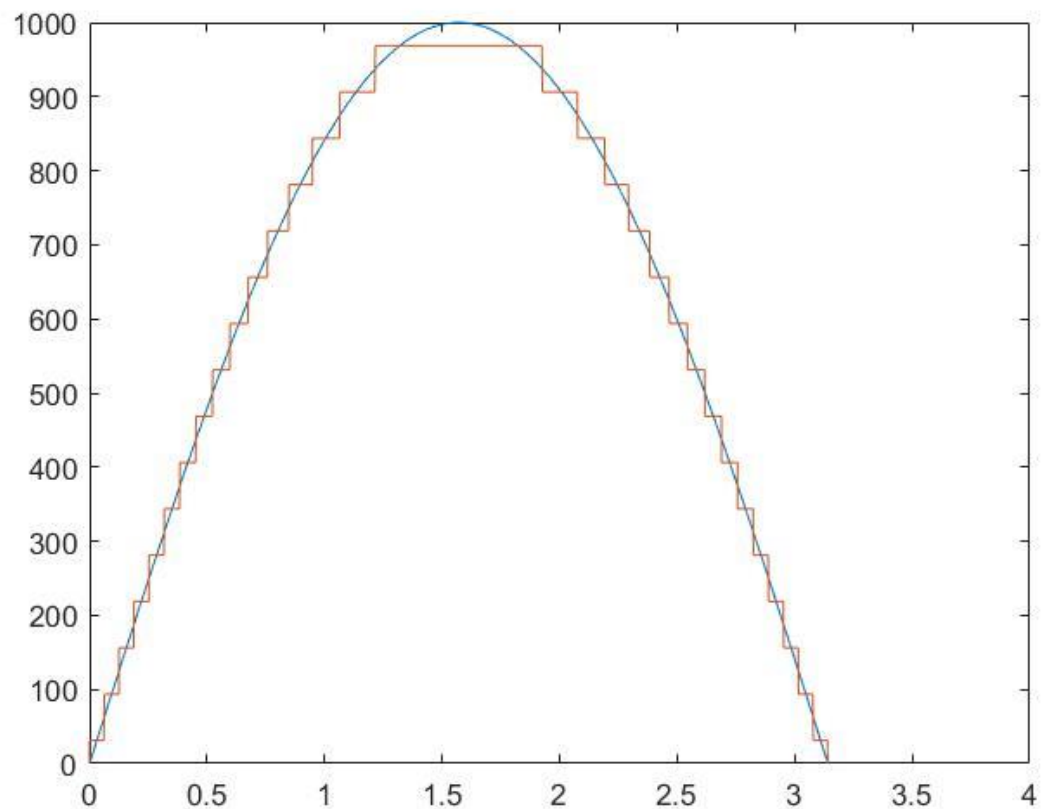
```
>> Peq_estimate
Input The number of samples:5000000
Input Examining time of the signal:500
Input The number of possible value:8
Actual power of quantization error: 6158.884232
Theoretical power of quantization error: 5208.333333
The Differential between actuality and theory: 18.250577 %
```



### 2.1.2. Test case 1b:

- Số mẫu: 5000000
- Thời gian lấy mẫu: 500
- Số mức lượng tử: 32

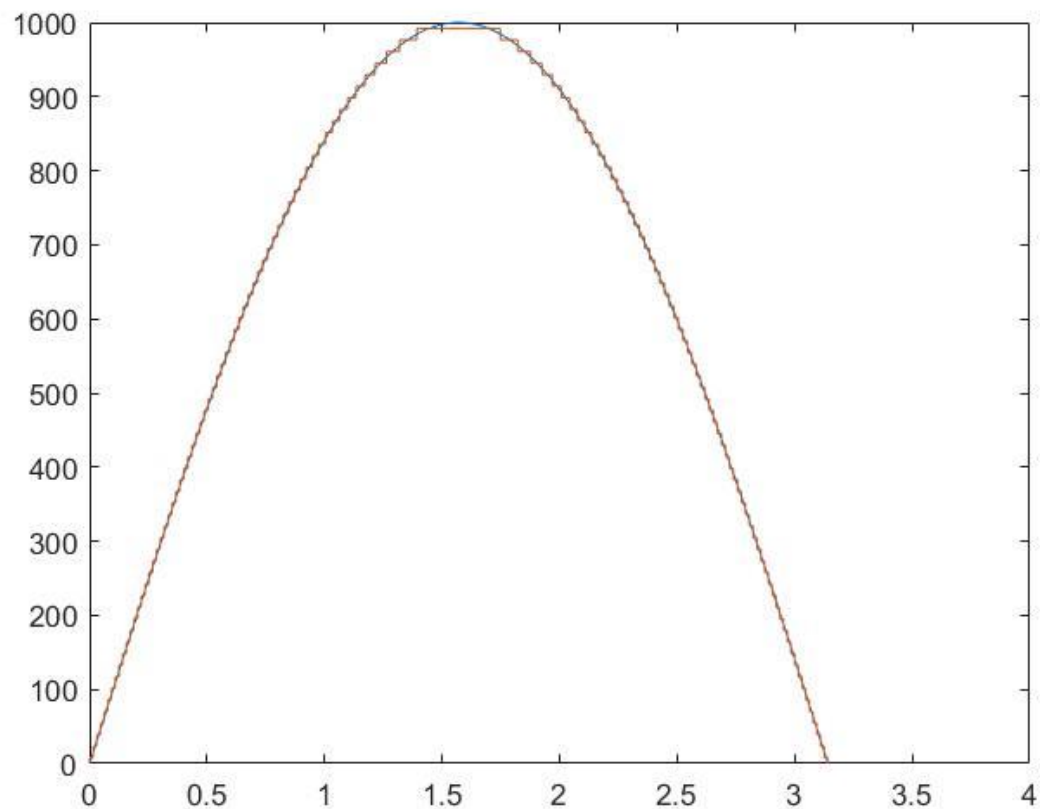
```
>> Peq_estimate
Input The number of samples:5000000
Input Examining time of the signal:500
Input The number of possible value:32
Actual power of quantization error: 355.337079
Theoretical power of quantization error: 325.520833
The Differential between actuality and theory: 9.159551 %
```



### 2.1.3. Test case 1c:

- Số mẫu: 5000000
- Thời gian lấy mẫu: 500
- Số mức lượng tử: 128

```
>> Peq_estimate
Input The number of samples:5000000
Input Examining time of the signal:500
Input The number of possilble value:128
Actual power of quantization error: 21.277456
Theoretical power of quatization error: 20.345052
The Differential between actuality and theory: 4.582950 %
```



#### 2.1.4. Test case 1d:

- Số mẫu: 5000000
- Thời gian lấy mẫu: 500
- Số mức lượng tử:  $2^{12}$

```
>> Peq_estimate
```

```
Input The number of samples:5000000
```

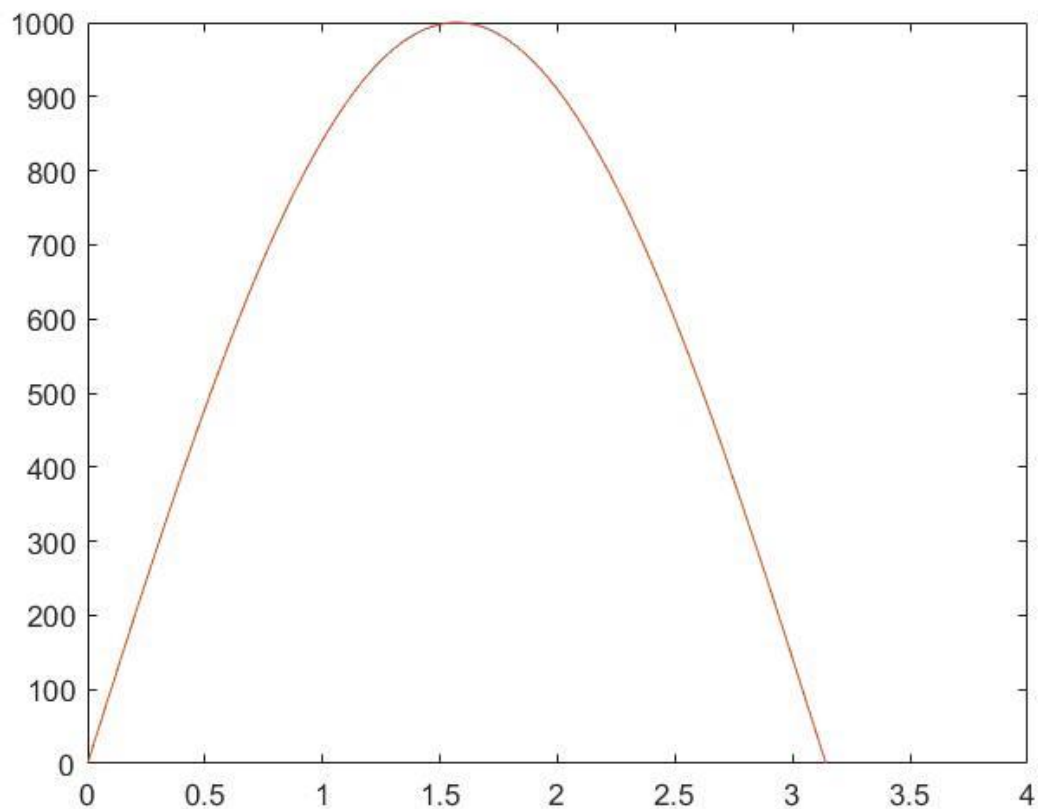
```
Input Examining time of the signal:500
```

```
Input The number of possible value:2^12
```

```
Actual power of quantization error: 0.020029
```

```
Theoretical power of quantization error: 0.019868
```

```
The Differential between actuality and theory: 0.811143 %
```



## 2.2. Test case 2:

$$\text{Signal} = 300 \sin(t) + 200 \cos^2(t) + 400 \cos(3t)$$

### 2.2.1. Test case 2a:

- Số mẫu: 5000000
- Thời gian lấy mẫu: 500
- Số mức lượng tử: 8

```
>> Peq_estimate
```

```
Input The number of samples:5000000
```

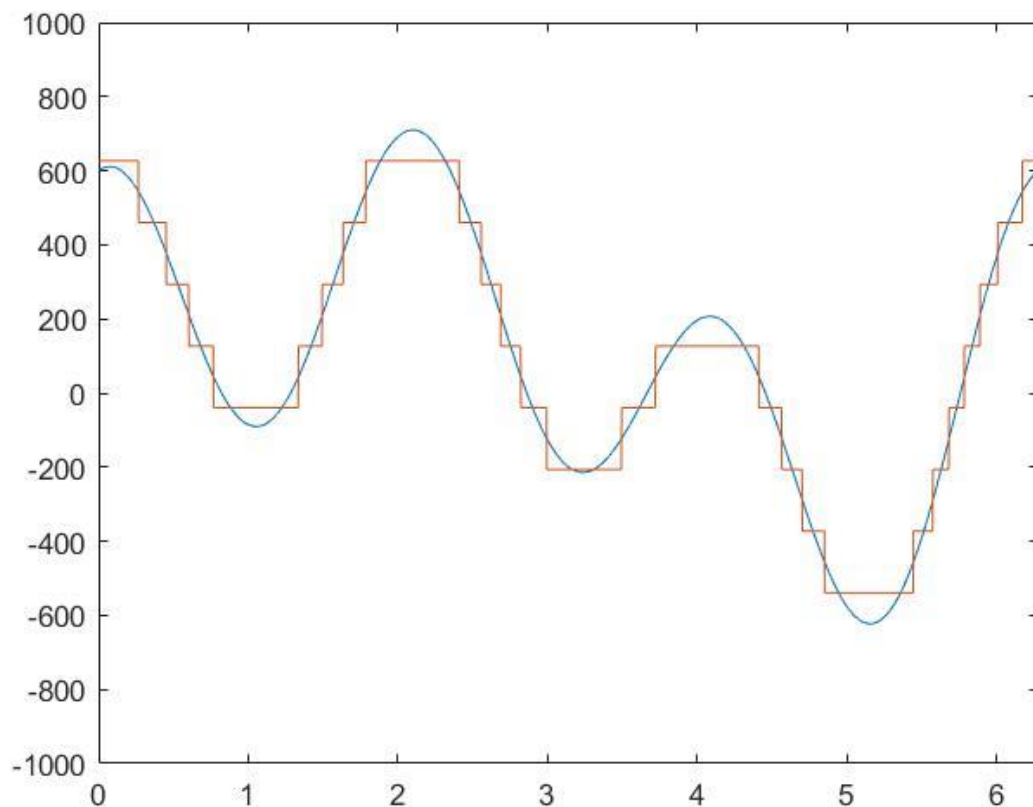
```
Input Examining time of the signal:500
```

```
Input The number of possible value:8
```

```
Actual power of quantization error: 2403.188146
```

```
Theoretical power of quantization error: 2312.058292
```

```
The Differential between actuality and theory: 3.941503 %
```



### 2.2.2. Test case 2b:

- Số mẫu: 5000000
- Thời gian lấy mẫu: 500
- Số mức lượng tử: 32

```
>> Peq_estimate
```

```
Input The number of samples:5000000
```

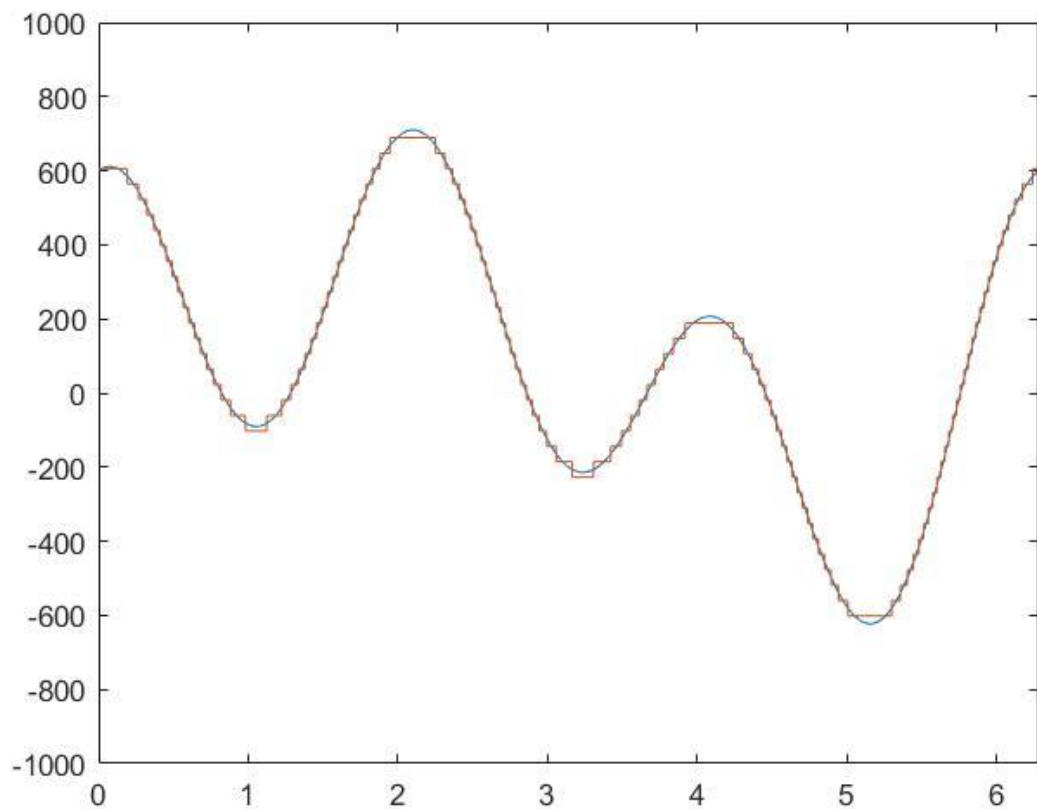
```
Input Examining time of the signal:500
```

```
Input The number of possible value:32
```

```
Actual power of quantization error: 152.905271
```

```
Theoretical power of quantization error: 144.503643
```

```
The Differential between actuality and theory: 5.814129 %
```



### 2.2.3. Test case 2c:

- Số mẫu: 5000000
- Thời gian lấy mẫu: 500
- Số mức lượng tử: 128

```
>> Peq_estimate
```

```
Input The number of samples:5000000
```

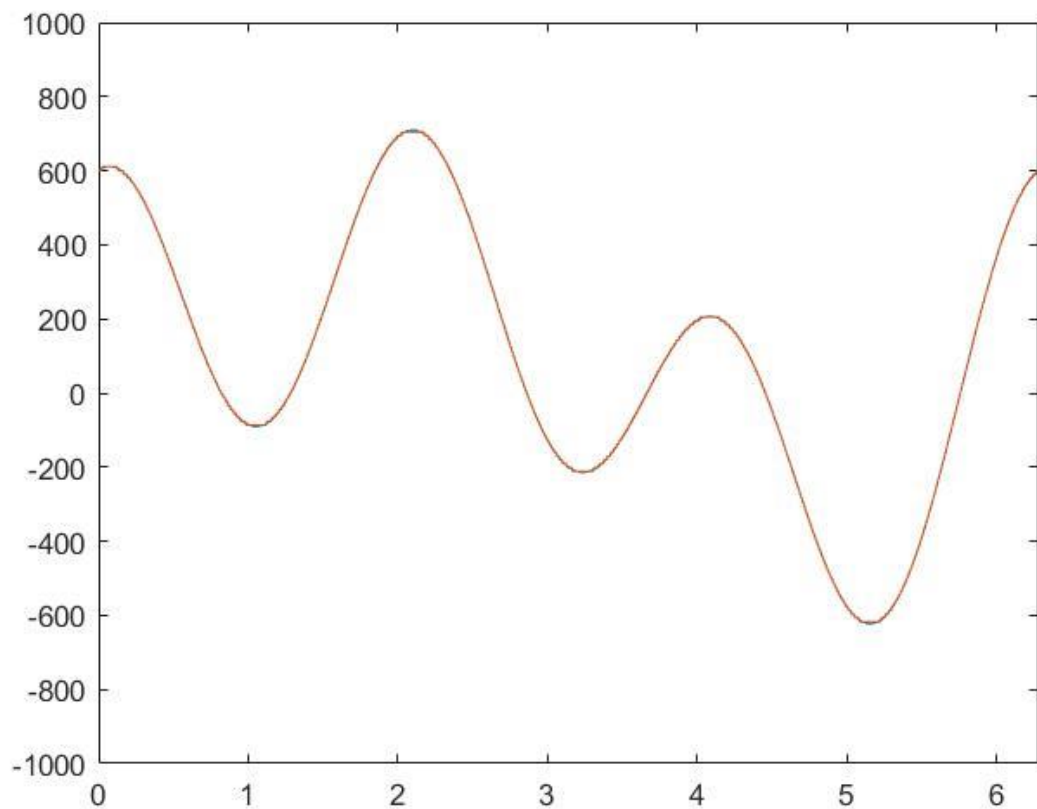
```
Input Examining time of the signal:500
```

```
Input The number of possible value:128
```

```
Actual power of quantization error: 8.944681
```

```
Theoretical power of quantization error: 9.031478
```

```
The Differential between actuality and theory: 0.961050 %
```

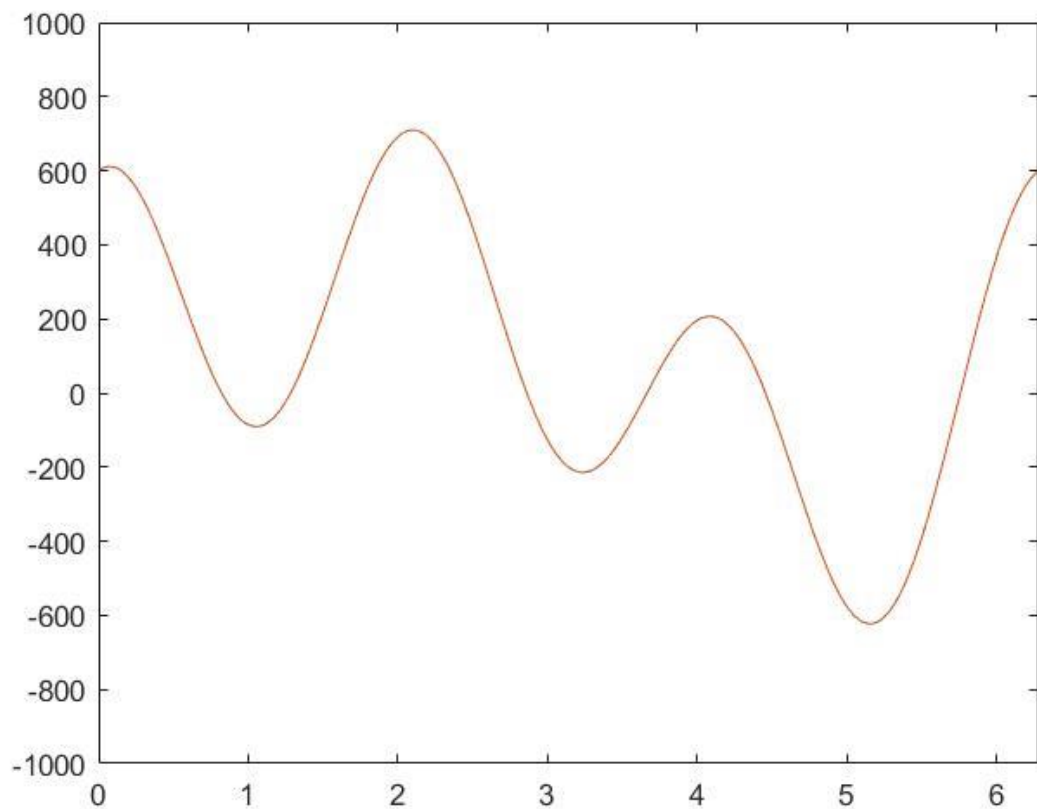


#### 2.2.4. Test case 2d:

- Số mẫu: 5000000
- Thời gian lấy mẫu: 500
- Số mức lượng tử:  $2^{12}$

```
>> Peq_estimate
Input The number of samples:5000000
Input Examining time of the signal:500
Input The number of possible value:2^12
Actual power of quantization error: 0.008834
Theoretical power of quantization error: 0.008820
The Differential between actuality and theory: 0.161433 %
```





### 3. Nhận xét:

- Lượng tử hóa  $Q$  mức,  $Q$  càng lớn  $\rightarrow$  độ rộng lượng tử càng nhỏ  $\rightarrow$  tín hiệu gần như giống với tín hiệu gốc
- Khi  $Q$  càng lớn hay độ rộng lượng tử (Delta) càng nhỏ, chênh lệch giữa sai số lượng tử tính theo công thức và sai số lượng tử mô phỏng bằng Matlab tiến về 0.